

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-153659

(43)Date of publication of application : 10.06.1997

(51)Int.Cl. H01S 3/18
G02B 6/42
H01S 3/094

(21)Application number : 07-314129

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

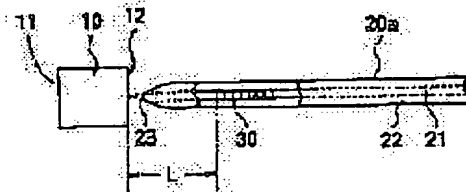
(22)Date of filing : 01.12.1995

(72)Inventor : KATO TAKASHI

(54) LIGHT-EMITTING ELEMENT MODULE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light-emitting element module for outputting a light having few distortion.

SOLUTION: This light-emitting element module comprises a semiconductor light-emitting element 10 having a light reflecting surface 11 and a light emitting surface 12; and an optical fiber 20a which is arranged so that a light emitted from a light emitting surface of the semiconductor light-emitting element 10 enters, and in which a core 21 is provided with a diffraction grating 30 which changes periodically a refractive index along an optical shaft. The light emitted from the light emitting surface are reflected by the diffraction grating 30 and the light emitting surface, whereby a laser oscillation is made. The diffraction grating 30 is arranged at a location where the lights emitted from the light emitting surface pass through an optical path, of which a length is 20mm or less, from the light emitting surface until the lights reach a top end of the diffraction grating 30.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 24.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-153659

(43) 公開日 平成9年(1997)6月10日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/18		H 0 1 S	3/18
G 0 2 B	6/42		G 0 2 B	6/42
H 0 1 S	3/094		H 0 1 S	3/094
				S

審査請求 未請求 請求項の枚数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-314129

(22) 出願日 平成7年(1995)12月1日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 加藤 隆志

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

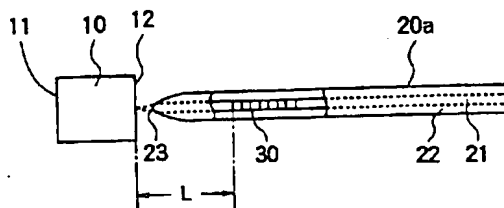
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 発光素子モジュール

(57) 【要約】

【課題】 歪みの少ない光を出力する発光素子モジュールを提供する。

【解決手段】 本発明の発光素子モジュールは、光反射面(11)及び光出射面(12)を有する半導体発光素子(10)と、この半導体発光素子の光出射面から出射した光が入射するように配置され、屈折率が光軸に沿って周期的に変化している回折格子(30)がコア(21)に設けられた光ファイバ(20)とを備え、光出射面から出射した光が回折格子及び光反射面で反射されることによりレーザ発振を行うようになっている。そして、本発明では、上記の回折格子が、光出射面から出射した光が光出射面から回折格子の先端に至るまでに通過する光路の長さが20mm以下となる位置に配置されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光出射面及びこの光出射面と対向する光反射面を有する半導体発光素子と、この半導体発光素子の光出射面から出射した光が一端面から入射するように配置され、コアの所定部位に、屈折率が光軸に沿って周期的に変化している回折格子が設けられた光ファイバと、を備え、前記光出射面から出射した光が前記回折格子及び前記光反射面で反射されることによりレーザ発振を行う発光素子モジュールにおいて、前記回折格子は、前記光出射面から出射した光が前記光出射面からこの回折格子の先端に至るまでに通過する光路の長さが20mm以下となる位置に配置されていることを特徴とする発光素子モジュール。

【請求項2】 前記半導体発光素子の光出射面が、この光出射面の反射率を低下させる誘電体膜によりコーティングされていることを特徴とする請求項1記載の発光素子モジュール。

【請求項3】 前記半導体発光素子の光出射面から出射した光が入射する前記光ファイバの前記端面が、この端面の反射率を低下させる誘電体膜によりコーティングされていることを特徴とする請求項1記載の発光素子モジュール。

【請求項4】 前記半導体発光素子の光出射面から出射した光が入射する前記光ファイバの前記端面が、この光の入射軸に対して傾斜していることを特徴とする請求項1記載の発光素子モジュール。

【請求項5】 前記半導体発光素子の光出射面とこの光出射面から出射した光が入射する前記光ファイバの前記端面との間の光路上には、前記光出射面から出射した光を集束させて前記光ファイバに入射させる光結合用レンズが配置されていることを特徴とする請求項1記載の発光素子モジュール。

【請求項6】 前記光結合用レンズの光入射面及び光出射面が、この光入射面及び光出射面の反射率を低下させる誘電体膜によりコーティングされていることを特徴とする請求項5記載の発光素子モジュール。

【請求項7】 前記半導体発光素子の光出射面から出射した光が入射する前記光ファイバの前記端面がレンズ面となっていることを特徴とする請求項1記載の発光素子モジュール。

【請求項8】 前記端面が、この端面の反射率を低下させる誘電体膜によりコーティングされていることを特徴とする請求項7記載の発光素子モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信分野において、光通信用の信号光光源やファイバ増幅器の励起用光源等として用いられる発光素子モジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】高い反射率を有する光反射面とほとんど光を反射しない光出射面とを有する半導体発光素子からの光を回折格子が設けられた光ファイバに入射させ、この回折格子と上記の光反射面との間で繰り返し光を反射させることでレーザ発振を行う発光素子モジュールとしては、K.Petermannの著書“LASER DIODE MODULATION AND NOISE”(Kluwer Academic Publishers)の266頁に記載されているようなものが知られている。この発光素子モジュールは、回折格子を用いたレーザ共振器を備えることで、単色性の高いレーザ光を出力するという特徴を有している。

【0003】同様の発光素子モジュールは、B.P.Venturidolaによる“Wavelength and Intensity Stabilization of 980nm Diode Lasers Coupled to Fiber Bragg Gratings”(SEASTAR OPTICS INC.のカatalog中の文献)にも記載されている。この発光素子モジュールは、ファイバ増幅器の励起用光源として用いられるものである。そして、この文献には、半導体レーザと回折格子との間の距離を5cm~10cm以上とすると、発光素子モジュールのレーザ発振波長が安定すると記述されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の文献では、発光素子モジュールの出力光の歪みを抑制するのに最適な回折格子の配置条件については、考察されていない。

【0005】本発明は、上記の事情に鑑みなされたもので、歪みの少ない光を出力する発光素子モジュールを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明の発光素子モジュールは、(a)光出射面及びこの光出射面と対向する光反射面を有する半導体発光素子と、(b)この半導体発光素子の光出射面から出射した光が一端面から入射するように配置され、コアの所定部位に、屈折率が光軸に沿って周期的に変化している回折格子が設けられた光ファイバと、を備え、上記の光出射面から出射した光が回折格子及び光反射面で反射されることによりレーザ発振を行う発光素子モジュールであって、上記の回折格子が、光出射面から出射した光が光出射面からこの回折格子の先端に至るまでに通過する光路の長さが20mm以下となる位置に配置されていることを特徴としている。

【0007】本発明者らの知見によれば、光出射面から回折格子の先端に至るまでの光路長が20mm以下であると、発光素子モジュールから出力されるレーザ光の歪みや雑音が十分に少なくなる。

【0008】本発明の発光素子モジュールは、半導体発光素子の光出射面が、光出射面の反射率を低下させる誘電体膜によりコーティングされていると良い。この場合、光反射面と回折格子との間での余分な反射が少なく

なり、光反射面と回折格子との間でレーザ共振が好適に生じるようになるので、高い光出力を得ることができる。また、このような誘電体膜をコーティングして光出射面の反射率を低下させることで、従来から半導体レーザとして使用されていた半導体素子を用いて本発明の発光素子モジュールを容易に製造することができる。

【0009】本発明の発光素子モジュールは、半導体発光素子の光出射面から出射した光が入射する光ファイバの端面が、この端面の反射率を低下させる誘電体膜によりコーティングされていると良い。この場合、光反射面と回折格子との間での余分な反射が少なくなり、光反射面と回折格子との間でレーザ共振が好適に生じるようになるので、高い光出力を得ることができる。

【0010】本発明の発光素子モジュールは、半導体発光素子の光出射面から出射した光が入射する光ファイバの端面が、この光の入射軸に対して傾斜していると良い。この場合、光反射面と回折格子との間での余分な反射が少なくなり、光反射面と回折格子との間でレーザ共振が好適に生じるようになるので、高い光出力を得ることができる。

【0011】本発明の発光素子モジュールは、半導体発光素子の光出射面とこの光出射面から出射した光が入射する光ファイバの端面との間の光路上に、光出射面から出射した光を集束させて光ファイバに入射させる光結合用レンズが配置されていると良い。この場合、半導体発光素子と光ファイバとの光結合効率が高まり、光損失が低減されるので、高い光出力を得ることができる。

【0012】このとき、光結合用レンズの光入射面及び光出射面が、この光入射面及び光出射面の反射率を低下させる誘電体膜によりコーティングされているとさらに良い。この場合、光反射面と回折格子との間での余分な反射が少なくなり、光反射面と回折格子との間でレーザ共振が好適に生じるようになるので、高い光出力を得ることができる。

【0013】本発明の発光素子モジュールは、半導体発光素子の光出射面から出射した光が入射する光ファイバの端面がレンズ面となっていると良い。これにより光ファイバの端面にレンズ機能が備わるので、半導体発光素子と光ファイバとの光結合効率が高まり、光損失が低減され、高い光出力を得ることができる。

【0014】このとき、上記の端面が、この端面の反射率を低下させる誘電体膜によりコーティングされているとさらに良い。この場合、光反射面と回折格子との間での余分な反射が少なくなり、光反射面と回折格子との間でレーザ共振が好適に生じるようになるので、高い光出力を得ることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明

を省略する。また、図面の寸法比率は説明のものと必ずしも一致していない。

【0016】（実施形態1）図1は、本実施形態の発光素子モジュールの構成を示す模式図である。この発光素子モジュールは、所定波長帯（1.31 μ m帯）の光を出力する半導体発光素子10と、この半導体発光素子10からの光が入射する光ファイバ20aとから構成されている。

【0017】半導体発光素子10は、一般的なファブリペロー型の半導体レーザと同様に、InGaAsP/InPのヘテロ構造体から構成されており、このヘテロ構造体の両端には光反射面11と光出射面12が略平行に対向するようにして設けられている。光反射面11は、半導体発光素子10の出力波長である1.31 μ mの波長の光を、約80%と高い反射率で反射する。一方、光出射面12は、1.31 μ mの波長の光に対して、約0.5%以下と低い反射率しか有していない。

【0018】この半導体発光素子10は、InGaAsP/InPのヘテロ構造体を有する通常のファブリペロー型半導体レーザを用意し、その光出射面に低反射コーティングを施すことで作製することができる。低反射コーティングは、上記のファブリペロー型半導体レーザの光出射面に、この光出射面の反射率を低下させる誘電体膜を被覆することで完了する。

【0019】半導体発光素子10には駆動回路（図示せず）が接続されており、この駆動回路から半導体発光素子10に所定の動作電流が流されることでヘテロ構造体が励起され、約1.31 μ mを中心とした波長帯の自然放出光を生ずるようになる。この自然放出光は、誘導放出を引き起こしながらヘテロ構造体の内部を進行し、誘導放出光とともに光出射面12から出射する。

【0020】光ファイバ20aは、半導体発光素子10の光出射面12から出射した光が、その端面23から光ファイバ20aのコア21内に入射するように配置されている。この光ファイバ20aは、石英（SiO₂）ガラス系のシングルモード光ファイバである。光ファイバ20aのコア21及びクラッド22は、ともに石英ガラスから構成されているが、クラッド22は実質的に純粋な石英ガラスから構成されているのに対し、コア21を構成する石英ガラスには屈折率上昇材であるGeO₂が添加されている。この結果、光ファイバ20aのコア21はクラッド22よりも高い屈折率を有している。

【0021】半導体発光素子10に対向する光ファイバ20aの端面23は、球面状に加工されている。この先球加工は、光ファイバ20aの端面にレンズ機能を持たせて、半導体発光素子10と光ファイバ20aとの光結合効率を高めるためのものである。また、端面23には、端面23の反射率を低下させる誘電体膜が被覆されている。

【0022】光ファイバ20aのコア21には、回折格

子30が設けられている。この回折格子30は、実効屈折率が光軸に沿った位置に応じて最小屈折率と最大屈折率との間で周期的に変化するコア中の一領域である。言い換えれば、回折格子30は、光軸に沿って最小屈折率と最大屈折率の間で繰り返し変化するような実効屈折率分布を有する領域である。なお、この屈折率変化の周期は、回折格子30の周期、又は格子ピッチなどと呼ばれる。

【0023】周知のように、回折格子30は、ゲルマニウムが添加された石英ガラスに紫外光を照射すると照射部分の屈折率が紫外光の強度に応じた量だけ上昇する現象を利用して形成することができる。すなわち、光ファイバのクラッドの表面からゲルマニウムが添加されているコアに向けて紫外光の干渉縞を照射すれば、コアの干渉縞照射領域に干渉縞の光強度分布に応じた実効屈折率分布が形成される。このような実効屈折率分布を有する領域が、回折格子30である。この場合、回折格子30の最小屈折率は、コアの当初の実効屈折率（紫外光照射前の実効屈折率）にほぼ等しいことになる。

【0024】回折格子30は、所定の回折波長（ブラッグ波長） λ_R を中心とした狭い波長帯にわたって光を反射する。この回折波長 λ_R は、

$$\lambda_R = 2 \cdot n \cdot \Lambda \quad \dots (1)$$

n ：回折格子30の最小屈折率

Λ ：回折格子30の周期

のように表される。

【0025】本願の発光素子モジュールにおいて、回折格子30は、半導体レーザ10の光出射面12（実際には、低反射膜の表面）から回折格子30の先端（光出射面12に光学的に最も近い部分）に至るまでの光路長 L が約20mm以下となる位置に設けられている。なお、半導体発光素子10の光出射面12から光ファイバ20aの先端23までの距離（光路長ではなく、実際の距離）は、約10 μ mである。

【0026】次に、本実施形態の発光素子モジュールの発光原理を説明する。半導体発光素子10に駆動回路（図示せず）から動作電流が流されると、半導体発光素子10の活性領域内で自然放出光が発生する。この自然放出光は、誘導放出を引き起こしながら活性領域内を進行して光出射面12から出射する。低反射コーティングによって光出射面12の反射率は低くなっているため、半導体発光素子10の内部で発生した自然放出光および誘導放出光の大部分は光出射面12を透過して出射する。光出射面12から出射した光は、球加工された端面23からファイバ20aに入射し、回折格子30に到達する。

【0027】回折格子30は、半導体発光素子10からの光のうち、回折波長である1.31 μ mを中心として、半導体発光素子10よりも狭い波長帯の光を反射する。回折格子30で反射された光は、端面23から光フ

ファイバ20aを出射し、光出射面12から半導体発光素子10に入射する。この入射光は、半導体発光素子10の活性領域内を誘導放出を引き起こしながら進行し、光反射面11に到達する。この後、光反射面11で反射された光は誘導放出を引き起こしながら活性領域内を進行し、光出射面12から出射して、再び光ファイバ20aに入射する。この入射光は、回折格子30に到達して再び反射される。こうして、回折格子30と光反射面11との間で繰り返し反射されることにより1.31 μ mの波長の光は増幅され、最終的にレーザ発振が生ずる。こうして生成されたレーザ光は、回折格子30を透過し、光ファイバ20a内を進行していく。従って、光ファイバ20aに光通信用の種々の機器を接続すれば、本実施形態の発光素子モジュールを、光通信用の信号源として使用することができる。

【0028】本発明のような発光原理の発光素子モジュールにおいて、出力光の雑音や歪みを少なくするためには、半導体発光素子から出射した光が回折格子で反射されて戻ってくるまでのフィードバック時間が、発光素子モジュールの出力光の変調周期よりも十分に短い方が良い。そして、フィードバック時間を短くするためには、光出射面から回折格子までの光路長を短くしてやれば良い。このような考察に基づき、本発明者らは、光出射面12から回折格子30の先端に至るまでの光路長が20mm以下となる位置に回折格子30を配置すれば、発光素子モジュールの出力光の歪みを十分に抑えることができるという事実を見出した。

【0029】本発明者らは、上記の知見を得るために、回折格子30の位置を変えながら、発光素子モジュールの出力光の複合2次歪みを測定する実験を行った。図2は、この実験により求められた、回折格子30の位置と発光素子モジュールの出力光歪みとの関係を示す図である。この図において、回折格子30の位置は、図1に示す L 、すなわち光出射面12から回折格子30の先端に至るまでの光路長で表されている。歪みの測定は、半導体発光素子10に印加する動作電流を制御することで、77chで変調度 $m=4\%$ の信号光を発光素子モジュールから出力させて行った。また、測定は、変調周波数が300MHz、500MHz、1GHzのそれぞれについて行った。

【0030】図2に示されるように、1GHz以下の変調周波数では、回折格子30が $L=20$ mm以内の位置に配置されていると、発光素子モジュールの出力光の歪みが、-25dB以下と十分に少なくなる。従って、本実施形態の発光素子モジュールは、光通信用の光源等として好適な使用が可能である。

【0031】また、本実施形態の発光素子モジュールでは、半導体発光素子10の光出射面12、及び光ファイバ20aの端面23に、誘電体膜による低反射コーティングが施されているので、光反射面12と回折格子30

10

20

30

40

50

との間での余分な反射が抑えられている。これにより、光反射面12と回折格子30との間で好適なレーザ共振が生じるようになるので、本実施形態の発光素子モジュールによれば、高い光出力を得ることができる。

【0032】(実施形態2) 図3は、本実施形態の発光素子モジュールの構成を示す模式図である。本実施形態と実施形態1との相違は、微小レンズ40の存在、及び光ファイバ20の端面の形状であり、回折格子30の配置や光出射面12の低反射コーティング、並びに発光素子モジュールの発光原理は実施形態1と共通である。

【0033】図3に示すように、微小レンズ40は、光出射面12と光ファイバ20bの端面24との間に配置されている。この微小レンズ40は、半導体発光素子10からの光を集束させて光ファイバ20bに入射させ、半導体発光素子10から光ファイバ20bへの光パワーの結合を行う凸レンズである。微小レンズ40としては、従来から光通信で用いられているような通常の光結合用レンズを用いることができる。なお、微小レンズ40の形状は、光出射面12から回折格子30に至るまでの光路長が20mm以下になるように決められる。

【0034】このように本実施形態では、半導体発光素子10と光ファイバ20bとの間に微小レンズ40を配置することで、半導体発光素子10と光ファイバ20bとの光結合効率を高め、高い光出力を実現している。

【0035】微小レンズ40のレンズ面、すなわち微小レンズ40の光入射面と光出射面には、これらの面の反射率を低下させる誘電体膜が被覆されている。これにより、光反射面12と回折格子30との間での余分な反射が少なくなり、好適なレーザ共振が生じるようになるので、一層高い光出力を得ることができる。

【0036】光ファイバ20bの半導体発光素子10側の端面24は、半導体発光素子10及び微小レンズ40からなる光学系の光軸に対して傾斜している。言い換えれば、半導体発光素子10及び微小レンズ40からなる光学系の光軸方向と、端面24の法線方向とが一致しないように、光ファイバ20bの端面に傾斜がつけられている。これにより、光反射面12と回折格子30との間での余分な反射が少なくなり、好適なレーザ共振が生じるようになるので、高い光出力を得ることができる。

【0037】また、実施形態1と同様に、光ファイバ20bの端面24には、端面24の反射率を低下させる誘電体膜が被覆されているので、これによっても光反射面12と回折格子30との間での余分な反射が少なくなり、高い光出力を実現することができる。

【0038】(実施形態3) 図4は、本実施形態の発光素子モジュールの構成を示す模式図である。本実施形態と実施形態2との相違は、半導体発光素子10と光ファイバ20との間に配置された微小レンズの数であり、光ファイバ20bの端面24の形状、回折格子30の配置や光出射面12の低反射コーティング、並びに発光素子

モジュールの発光原理は実施形態2と共通である。

【0039】図4に示すように、本実施形態の発光素子モジュールでは、二つの微小レンズ41及び42が、半導体発光素子10と光ファイバ20bとの間に配置されている。微小レンズ41及び42からなる光学系は、半導体発光素子10からの光を集束させて光ファイバ20bに入射させ、半導体発光素子10から光ファイバ20bへの光パワーの結合を行うものである。微小レンズ41、42としては、従来から光通信で用いられているような通常の光結合用レンズを用いることができる。微小レンズ41、42の形状及び配置は、光出射面12から回折格子30に至るまでの光路長が20mm以下になるように決められる。

【0040】本実施形態でも、実施形態2と同様に、半導体発光素子10と光ファイバ20bとの間に微小レンズ41、42を配置することで、半導体発光素子10と光ファイバ20bとの光結合効率を高め、高い光出力を実現している。

【0041】また、微小レンズ41及び42の各光入射面、光出射面には、これらの面の反射率を低下させる誘電体膜が被覆されている。これにより、光反射面12と回折格子30との間での余分な反射が少なくなり、好適なレーザ共振が生じるようになるので、一層高い光出力を得ることができる。

【0042】以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明は上記の実施形態に限られるものではない。例えば、上記の実施形態では、半導体発光素子の出力波長(利得ピークの波長)と回折格子の回折波長とを、同じく1.31 μ mとしたが、半導体発光素子の出力波長と回折格子の回折波長とは、 ± 50 nm以内のずれがあっても良い。また、半導体発光素子の出力波長や回折格子の回折波長は、1.31 μ m帯に限定されるものではなく、必要となる光通信波長帯に応じて、1.48 μ m帯や1.55 μ m帯としても良い。

【0043】

【発明の効果】以上、詳細に説明した通り、本発明の発光素子モジュールは、半導体発光素子の光出射面から回折格子の先端までの光路長が20mm以下となっているので、十分に歪みの少ない光を出力することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態1の発光素子モジュールの構成を示す模式図である。

【図2】回折格子30の位置と発光素子モジュールの出力光歪みとの関係を示す図である。

【図3】実施形態2の発光素子モジュールの構成を示す模式図である。

【図4】実施形態3の発光素子モジュールの構成を示す模式図である。

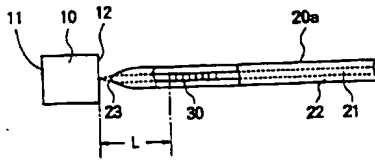
【符号の説明】

10…半導体発光素子、11…光反射面、12…光出射

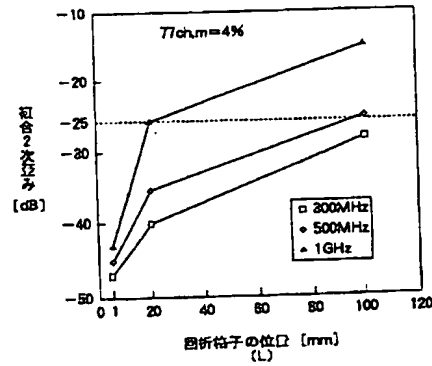
面、20a及び20b…光ファイバ、21…コア、22…クラッド、23…球端面、24…傾斜端面、30…回

折格子、40～42…光結合用レンズ。

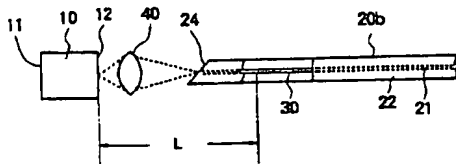
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

